

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 44 46 071 A1

⑮ Int. Cl. 6:  
**F 02 M 55/00**  
F 02 M 61/00  
// F16K 31/06

⑯ Aktenzeichen: P 44 46 071.6  
⑯ Anmeldetag: 22. 12. 94  
⑯ Offenlegungstag: 29. 6. 95

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯  
27.12.93 US 174276

⑯ Anmelder:  
Caterpillar Inc., Peoria, Ill., US

⑯ Vertreter:  
Geyer, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Wagner, K.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 80538 München

⑯ Erfinder:  
Murphy, Brian J., Morton, Ill., US; Shinogle, Ronald  
D., Peoria, Ill., US

⑯ Ausbruch oder Öffnung eines Hochdruckströmungsmitteldurchlasses in einen  
Hochdruckströmungsmittelraum oder -hohlraum

⑯ Ein Verfahren zum Herstellen erster und zweiter Hoch-  
druckdurchlässe, die sich an einem Schnittpunkt treffen,  
umfaßt die folgenden Schritte: Formen von Wänden, die den  
zweiten Durchlaß definieren, so daß der zweite Durchlaß an  
dem Schnittpunkt einen langgestreckten Querschnitt mit  
einer Hauptabmessung quer zu einer Längsachse des ersten  
Durchlasses während eines Nicht-Druckzustandes besitzt.

DE 44 46 071 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen  
BUNDESDRUCKEREI 05. 95 508 026/699

DE 44 46 071 A1

1  
Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich im allgemeinen auf eine Hochdruckvorrichtung und insbesondere auf eine Treib- oder Brennstoffeinspritzvorrichtung mit ersten und zweiten Hochdruckdurchlässen.

10  
Ausgangspunkt

Treib- oder Brennstoffeinspritzvorrichtungen umfassen im allgemeinen einen Ventilkörper mit einem Sitzventileinlaßdurchlaß, der mit einer Sitzventilbohrung zusammenläuft, die in dem Ventilkörper ausgebildet ist. Der Sitzventileinlaßdurchlaß und die Sitzventilbohrung sind typischerweise in dem Ventilkörper gebildet durch elektrochemische Bearbeitung (ECM = electrochemical machining) elektrische Entladungsbearbeitung (EDM = electrical discharge machining), oder Bohren. Beim Stand der Technik besitzt der Sitzventileinlaßdurchlaß einer Treibstoffeinspritzvorrichtung normalerweise einen kreisförmigen Querschnitt aus einer Sicht senkrecht zu der Mittellängsachse des Sitzventileinlaßdurchlasses.

Beim Betrieb wird Brennstoff zu einer Sitzventilbohrung geliefert durch den Sitzventileinlaßdurchlaß, und zwar mit einem hohen Druck, zum Beispiel in der Größenordnung von 138 MPa (20 000 psi) oder größer. Der Druck übt eine Kraft, auf die die Sitzventilbohrung definierenden Wände und den Sitzventileinlaßdurchlaß aus, die dazu neigt, diese Wände radial auszudehnen oder zu strecken, was eine interne Spannung darinnen erzeugt, die als Umfangsspannung bekannt ist. An dem Übergang der Wände des Sitzventileinlaßdurchlasses mit den Wänden der Sitzventilbohrung neigt die Umfangsspannung dazu, den Querschnitt des Sitzventileinlaßdurchlasses in einer Richtung senkrecht zu einer Längsachse der Sitzventilbohrung zu verlängern und den Querschnitt des Einlaßdurchlasses in einer Richtung parallel zu der Längsachse der Sitzventilbohrung zu reduzieren. Demgemäß sind obere und untere Teile oder Ränder des Sitzventileinlaßdurchlasses, die einen geringen Krümmungsradius aufweisen, einer hohen Konzentration von Zugspannung ausgesetzt. Diese Zugspannung neigt dazu, den Ventilkörper zu schwächen und kann schließlich eine strukturelle Ermüdung, einen Ausfall oder einen Bruch davon bewirken.

## Die Erfindung

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung weist ein Verfahren zum Herstellen oder Produzieren erster und zweiter Hochdruckdurchlässe, die sich an einem Schnittpunkt treffen, die folgenden Schritte auf: Bilden oder Formen einer ersten Wand, die den ersten Durchlaß definiert und Bilden oder Formen einer zweiten Wand, die den zweiten Durchlaß definiert, so daß an dem Schnittpunkt der zweite Durchlaß einen langgestreckten Querschnitt besitzt mit einer Hauptabmessung quer zu einer Längsachse des ersten Durchlasses während einem Nicht-Druckzustand.

Der zweite Durchlaß besitzt vorzugsweise einen ovalen Querschnitt an dem Schnittpunkt und eine Längsachse, die im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses ist.

Ferner besitzt ein Teil des zweiten Durchlasses, der

sich von dem Schnittpunkt erstreckt, auch vorzugsweise einen langgestreckten Querschnitt mit einer Hauptabmessung quer zu der Längsachse des ersten Durchlasses während des Nicht-Druckzustandes.

5 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Hochdruckvorrichtung eine erste Wand, die einen ersten Durchlaß definiert und eine zweite Wand, die einen zweiten Durchlaß definiert, der mit dem ersten Durchlaß an einem Schnittpunkt zusammenläuft. Während eines Nicht-Druckzustandes besitzt der zweite Durchlaß in der Umgebung des Schnittpunktes einen langgestreckten Querschnitt mit einer Hauptabmessung im wesentlichen quer zu einer Längsachse des ersten Durchlasses.

10 15 Vorzugsweise ist die Hauptabmessung des langgestreckten Querschnitts des zweiten Durchlasses im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses. Ferner besitzt der zweite Durchlaß vorzugsweise eine Längsachse, die im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses ist und besitzt einen ovalen Querschnitt in der Nähe des Schnittpunktes.

20 25 Gemäß einem noch weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt eine Brennstoffeinspritzvorrichtung eine erste Wand, die eine Sitzventilbohrung definiert und eine zweite Wand, die einen Sitzventileinlaßdurchlaß definiert, der mit der Sitzventilbohrung an einem Schnittpunkt zusammenläuft. Die Sitzventilbohrung besitzt einen kreisförmigen Querschnitt und der Sitzventileinlaßdurchlaß besitzt einen ovalen Querschnitt in der Nähe des Schnittpunktes während eines Nicht-Druckzustandes. Der Sitzventileinlaßdurchlaß besitzt vorzugsweise eine Längsachse, die im wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse in der Sitzventilbohrung ist.

## 30 35 Figurenbeschreibung

In der Zeichnung zeigt:

40 Fig. 1 ein teilweise geschnittener Aufriß einer Brennstoffeinspritzvorrichtung, in der die vorliegende Erfindung verwendet werden kann;

Fig. 2 eine fragmentarische perspektivische Ansicht eines Ventilkörpers des Standes der Technik mit einem Nicht-Druckzustand kreisförmigen Sitzventileinlaßdurchlaß;

45 Fig. 3 eine fragmentarische perspektivische Ansicht des in Fig. 2 gezeigten Ventilkörpers in einem Druckzustand;

50 Fig. 4 eine fragmentarische Draufsicht auf den Einlaßdurchlaß des Ventilkörpers in Fig. 2 bei Nicht-Druck und Druckzuständen oder -bedingungen;

Fig. 5 eine verallgemeinerte fragmentarische perspektivische Ansicht eines Ventilkörpers, der die vorliegende Erfindung beinhaltet;

55 Fig. 6 eine Schnittansicht des Ventilkörpers im allgemeinen entlang der Linie 6-6 in Fig. 5;

Fig. 7 eine fragmentarische perspektivische Ansicht eines Ventilkörpers gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Nicht-Druckzustand;

60 Fig. 8 eine fragmentarische perspektivische Ansicht des in Fig. 7 gezeigten Ventilkörpers in einem Druckzustand; und

Fig. 9 ein fragmentarischer Aufriß des Einlaßdurchlasses des Ventilkörpers in Fig. 7 in Nicht-Druck- und Druckzuständen.

## Beste Art die Erfindung auszuführen

Gemäß Fig. 1 umfaßt eine Brennstofteinspritzvorrichtung 20 ein Dreiwegesitzventil 22, das einen Ventilkörper 24 und ein Ventilelement oder Sitzventilelement 26 aufweist, das innerhalb einer zylindrischen Sitzventilbohrung 28 angeordnet ist, die innerhalb des Ventilkörpers 24 ausgebildet ist. Das Sitzventilelement 26 ist mit einem Anker 30 eines Elektromagneten 32 gekoppelt und wird durch diesen betätigt. Der Anker 30 ist normalerweise durch eine Feder 34 nach unten gemäß Fig. 1 vorgespannt. Wenn der Elektromagnet 32 elektrisch erregt wird, bewegt sich das Sitzventilelement 26 nach oben in der Sitzventilbohrung 28.

Gemäß Fig. 2 wird die Sitzventilbohrung 28 durch eine Wand 40 in der Mitte des Ventilkörpers 24 definiert und besitzt eine Längsachse 42. Der Ventilkörper 24 umfaßt auch einen Sitzventileinlaßdurchlaß 44, der durch eine Wand 46 definiert wird. Brennstoff wird an die Sitzventilbohrung 28 durch den Sitzventileinlaßdurchlaß 44 geliefert, und zwar mit einem hohen Druck, zum Beispiel in der Größenordnung von 138 MPa (20 000 psi) oder größer. Die Sitzventilbohrung 28 und der Sitzventileinlaßdurchlaß 44 sind in herkömmlicher Weise in dem Ventilkörper 24 ausgebildet unter Verwendung von zum Beispiel einer der folgenden Techniken: elektrochemischer Bearbeitung (ECM = electrochemical machining) oder elektrische Entladungsbearbeitung (EDM = electrical discharge machining).

Die Fig. 2–4 zeigen einen herkömmlichen Aufbau, der im Stand der Technik bekannt ist, bei dem die Sitzventilbohrung 28 und der Sitzventileinlaßdurchlaß 44 eines Ventilkörpers 24 kreisförmige Querschnitte besitzen, wenn der Ventilkörper 24 in einem Nicht-Druckzustand ist. Wenn Brennstoff unter hohem Druck an die Sitzventilbohrung 28 geliefert wird, übt der Brennstoff eine Kraft auf die Wand 40 aus, die die Sitzventilbohrung 28 definiert und auf die Wand 46, die den Sitzventileinlaßdurchlaß 44 definiert. Die Pfeile 48 zeigen die Richtungen der Kräfte, die auf die Wand 40 ausgeübt werden. Diese Kräfte neigen dazu, Zugspannung in den Wänden 40 und 46 zu erzeugen. Die Zugspannung ist in den oberen und unteren Teilen 50 und 52 (gemäß den Fig. 2–4) des Schnittpunkts oder des Übergangs des Sitzventileinlaßdurchlasses 44 mit der Sitzventilbohrung 28 am meisten konzentriert. Diese hohe Spannungskonzentration neigt dazu, eine strukturelle Ermüdung und sogar einen Bruch des Ventilkörpers 24 zu bewirken, wenn Brennstoff unter hohem Druck an die Sitzventilbohrung 28 geliefert wird.

Der Effekt der Spannung, die in den Wänden des Sitzventileinlaßdurchlasses 44 während eines Hochdruckzustandes erzeugt wird, ist am besten in Fig. 3 zu sehen, wobei der normalerweise kreisförmige Querschnitt des Sitzventileinlaßdurchlasses 44 in einer nicht kreisförmigen Form mit einer Hauptachse senkrecht zu der Längsachse 42 der Sitzventilbohrung 28 verlängert ist. Die Verlängerung oder Ausdehnung des Sitzventileinlaßdurchlasses 44 erzeugt eine Verformung oder Auslenkung der Wände, die den Sitzventileinlaßdurchlaß 44 definieren benachbart zu einem Schnittpunkt der Sitzventilbohrung 28 und dem Sitzventileinlaßdurchlaß 44 an den oberen und unteren Teilen des Sitzventileinlaßdurchlasses 44, wie in Fig. 3 gezeigt ist. Der Effekt dieser Verlängerung oder Ausdehnung der Form des Querschnitts des Einlaßdurchlasses 44 ist in Fig. 4 dargestellt, die den Querschnitt des Einlaßdurchlasses 44 in dem Nicht-Druckzustand mit einer durchgezogenen Li-

nie darstellt sowie bei dem Druckzustand mit einer unterbrochenen Linie. Dieser unerwünschte Effekt wird dadurch verringert, aber nicht eliminiert, daß der Sitzventileinlaßdurchlaß 44 so ausgebildet ist, daß die 5 Längsachse davon im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse 42 der Sitzventilbohrung 28 ist.

Gemäß den Fig. 5–9 umfaßt ein Ventilkörper 60 gemäß der vorliegenden Erfindung eine Sitzventilbohrung 62, die durch eine Wand 64 definiert wird und eine 10 Längsachse 66 besitzt und einen Sitzventileinlaßdurchlaß 68, der durch eine Wand 70 definiert wird und eine Längsachse 72 besitzt. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, geht der Sitzventileinlaßdurchlaß 68 allmählich in die Sitzventilbohrung 28 über, und zwar in einem glatten, gekrümmten Übergangsbereich 74. Der Sitzventileinlaßdurchlaß 68 besitzt einen langgestreckten Querschnitt mit einer Hauptabmessung, die vorzugsweise im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse 66 der Sitzventilbohrung 62 ist, wenn der Ventilkörper 60 in einem Nicht-Druckzustand ist. Infolgedessen besitzen die oberen und unteren Teile 76 und 78 des Sitzventileinlaßdurchlasses 68, wie in Fig. 7 gezeigt ist, einen Krümmungsradius, der im wesentlichen unendlich ist und die Spannungskonzentration in diesen Teilen des Sitzventileinlaßdurchlasses 68 ist geringer als bei vergleichbaren Teilen des Sitzventileinlaßdurchlasses 44 des Ventilkörpers 24 des Standes der Technik. Diese Verringerung der Spannungskonzentration in den oberen und unteren Teilen des Sitzventileinlaßdurchlasses 68 wird dadurch verbessert, daß 15 der Sitzventileinlaßdurchlaß 68 so ausgebildet ist, daß er unter einem Winkel von im wesentlichen 90° mit der Sitzventilbohrung 62 zusammenläuft. Mit anderen Worten die Längsachse 72 des Sitzventileinlaßdurchlasses 68 ist im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse 66 der Sitzventilbohrung 62. Diese Reduzierung der Spannungskonzentration verringert wiederum die Wahrscheinlichkeit einer strukturellen Ermüdung, eines Ausfalls oder Bruchs des Ventilkörpers 60, wenn Brennstoff 20 unter hohem Druck an die Sitzventilbohrung 62 geliefert wird.

Vorzugsweise besitzt ein Teil des Sitzventileinlaßdurchlasses 68, der sich von dem Schnittpunkt des Sitzventileinlaßdurchlasses 68 mit der Sitzventilbohrung 62 erstreckt, einen langgestreckten Querschnitt, so daß die 25 Spannungskonzentration in dem Ventilkörper 60 ausreichend reduziert wird, um einem Bruch davon zu verhindern.

## Industrielle Anwendbarkeit

Nun nehmen wir auf Fig. 8 Bezug. Während der Hochdruckbrennstoff, der periodisch durch den Sitzventileinlaßdurchlaß 68 an die Sitzventilbohrung 62 geliefert wird, Kräfte ausübt, die eine pulsierende Umfangsspannung in den Wänden des Ventilkörpers 60 erzeugt, ist der Spannungskonzentrationsfaktor des ovalförmigen Sitzventileinlaßdurchlasses 68 kleiner als bei dem kreisförmigen Durchlaß dem Standes der Technik. Somit neigen die abgeflachten Teile 76, 78 des Sitzventileinlaßdurchlasses 68 nicht dazu, sich in erheblicher Weise infolge der Umfangsspannung auszulenken oder zu verformen, die während des Druckzustandes erzeugt wird und der Ventilkörper 60 ist weniger anfällig für einen Ermüdungsausfall oder einen Ausfall bzw. Bruch. 30 Die Pfeile 80 zeigen die Richtungen der Kräfte, die auf die Wand 64 ausgeübt werden. Fig. 9 zeigt den Querschnitt des Einlaßdurchlasses 68 in dem Nicht-Druckzustand mit einer durchgezogenen Linie und in dem 35

Druckzustand mit einer unterbrochenen Linie, um die verringerte Tendenz oder Neigung des Ventilkörpers 60 sich auszulenken im Vergleich zu dem Ventilkörper 24 des Standes der Technik zu zeigen.

Die vorhergehende Beschreibung bezieht sich auf die vorliegende Erfindung, wie sie in einer Brennstoffeinspritzvorrichtung ausgeführt ist. Die vorliegende Erfindung kann jedoch bei jeder Anwendung ausgeführt werden, wo ein Hochdruckdurchlaß mit einem anderen zusammenläuft. Da die negativen Effekte der Umfangsspannung durch die vorliegende Erfindung reduziert werden, kann eine Hochdruckvorrichtung so aufgebaut werden, daß sie größeren Drücken widersteht oder sie kann kleiner gemacht werden oder mit Materialien hergestellt werden, die weniger fest und somit weniger teuer sind, ohne die Haltbarkeit der Vorrichtung zu beeinträchtigen bzw. zu opfern.

Zahlreiche Modifikationen und alternative Ausführungsbeispiele der Erfindung ergeben sich dem Fachmann in Anbetracht der vorhergehenden Beschreibung. Somit ist die Beschreibung nur als Darstellung zu sehen und dient dem Zweck, dem Fachmann die beste Art, die Erfindung auszuführen, zu lehren. Die Einzelheiten der Struktur können wesentlich variiert werden, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen und die exklusive Verwendung aller Modifikationen, die in den Bereich der Ansprüche fallen, wird reserviert.

Zusammenfassend sieht die Erfindung folgendes vor: Ein Verfahren zum Herstellen erster und zweiter Hochdruckdurchlässe, die sich an einem Schnittpunkt treffen, umfaßt die folgenden Schritte: Formen von Wänden, die den zweiten Durchlaß definieren, so daß der zweite Durchlaß an dem Schnittpunkt einen langgestreckten Querschnitt mit einer Hauptabmessung quer zu einer Längsachse des ersten Durchlasses während eines Nicht-Druckzustandes besitzt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung erster und zweiter Hochdruckströmungsmitteldurchlässe, sie sich an einem Schnittpunkt treffen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:  
Formen einer ersten Wand, die den ersten Durchlaß definiert; und  
Formen einer zweiten Wand, die den zweiten Durchlaß definiert, so daß der zweite Durchlaß an dem Schnittpunkt einen langgestreckten Querschnitt mit einer Hauptabmessung quer zu einer Längsachse des ersten Durchlasses während eines Nicht-Druckzustandes aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der zweite Durchlaß einen ovalen Querschnitt an dem Schnittpunkt aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der zweite Durchlaß eine Längsachse besitzt, die im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Teil des zweiten Durchlasses, der sich von dem Schnittpunkt wegstreckt, einen langgestreckten Querschnitt mit einer Hauptabmessung quer zu der Längsachse des ersten Durchlasses während des Nicht-Druckzustandes besitzt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Teil des zweiten Durchlasses einen ovalen Querschnitt aufweist.
6. Verfahren zum Formen erster und zweiter Hoch-

druckströmungsmitteldurchlässe, die sich an einem Schnittpunkt treffen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Formen einer ersten Wand, die den ersten Durchlaß definiert; und

Formen einer zweiten Wand, die den zweiten Durchlaß definiert, so daß an dem Schnittpunkt der zweite Durchlaß einen ovalen Querschnitt mit einer Hauptabmessung, die im wesentlichen senkrecht zur einer Längsachse des ersten Durchlasses während eines Nicht-Druckzustandes aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei ein Teil des zweiten Durchlasses, der sich von dem Schnittpunkt erstreckt, einen ovalen Querschnitt mit einer Hauptabmessung im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses während des Nicht-Druckzustandes besitzt.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der zweite Durchlaß eine Längsachse besitzt, die im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses ist.

9. Hochdruckvorrichtung, die folgendes aufweist:  
eine erste Wand, die einen ersten Durchlaß mit einer Längsachse definiert; und  
eine zweite Wand, die einen zweiten Durchlaß definiert, der mit dem ersten Durchlaß an einem Schnittpunkt zusammenläuft;  
wobei während eines Nicht-Druckzustandes der zweite Durchlaß einen langgestreckten Querschnitt benachbart zu dem Schnittpunkt besitzt, und zwar mit einer Hauptabmessung im wesentlichen quer zu der Längsachse des ersten Durchlasses.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Hauptabmessung im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei der zweite Durchlaß eine Längsachse besitzt, die im wesentlichen senkrecht zu der Längsachse des ersten Durchlasses ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei der zweite Durchlaß einen ovalen Querschnitt benachbart zu dem Schnittpunkt besitzt.

13. Brenn- oder Treibstoffeinspritzvorrichtung, die folgendes aufweist:  
eine erste Wand, die eine Sitzventilbohrung mit einem kreisförmigen Querschnitt während eines Nicht-Druckzustandes definiert; und  
eine zweite Wand, die einen Sitzventileinlaßdurchlaß definiert, der mit der Sitzventilbohrung an einem Schnittpunkt zusammenläuft und der einen ovalen Querschnitt in der Nähe des Schnittpunktes während des Nicht-Druckzustandes besitzt.

14. Brennstoffeinspritzvorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Sitzventileinlaßdurchlaß eine Längsachse besitzt, die im wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse der Sitzventilbohrung ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

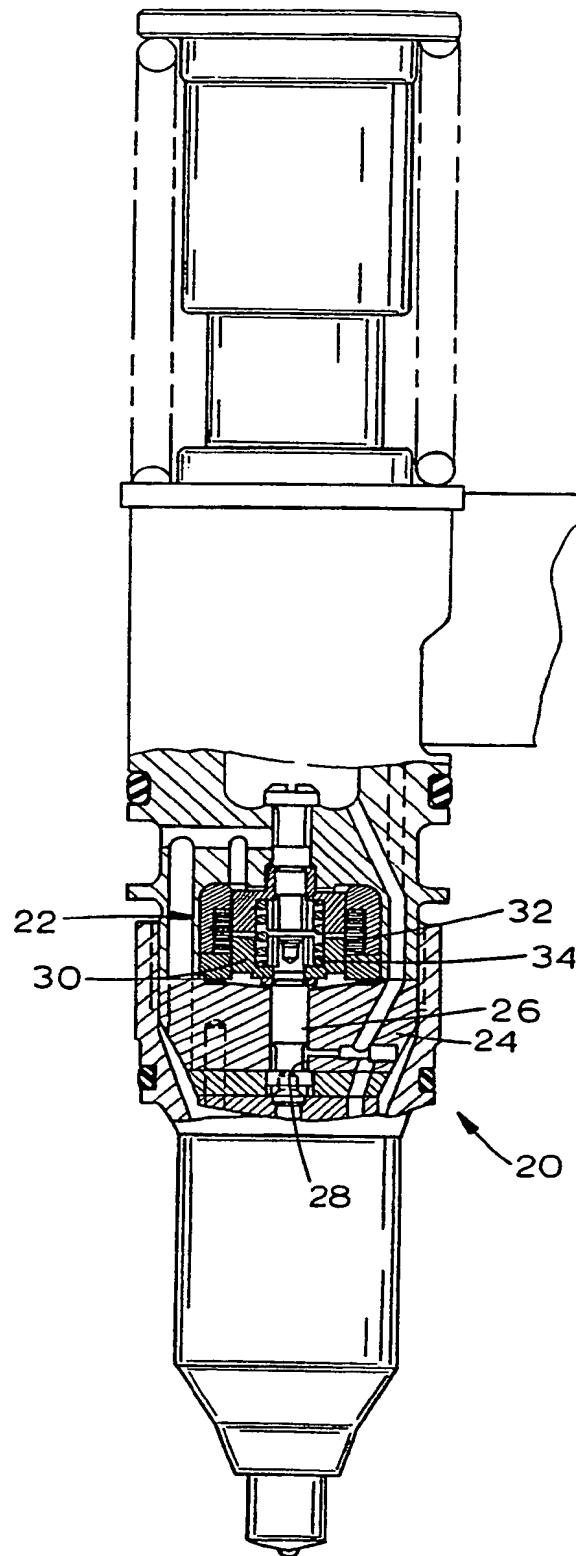
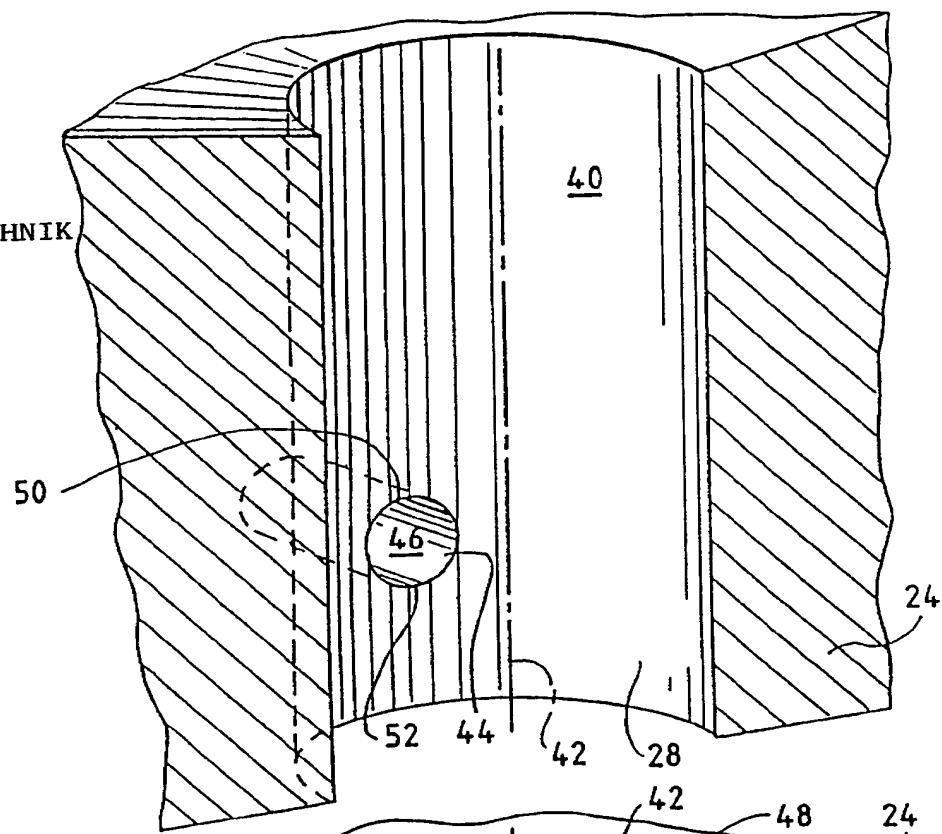


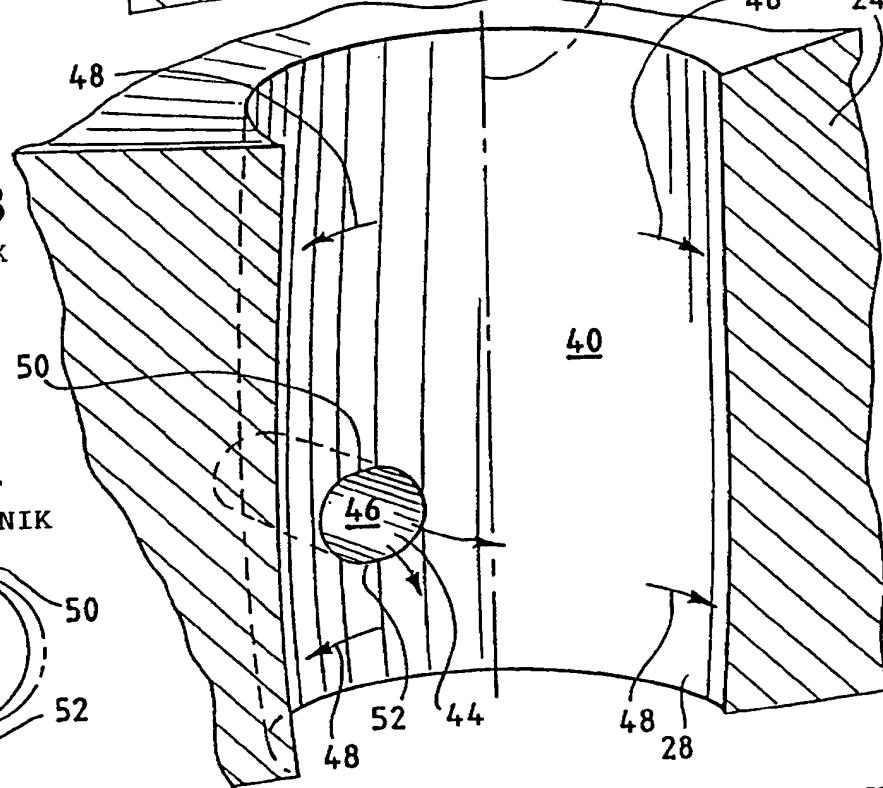
Fig. 1

508 026/699

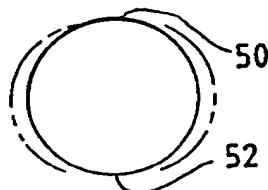
**Fig. 2**  
STAND DER TECHNIK

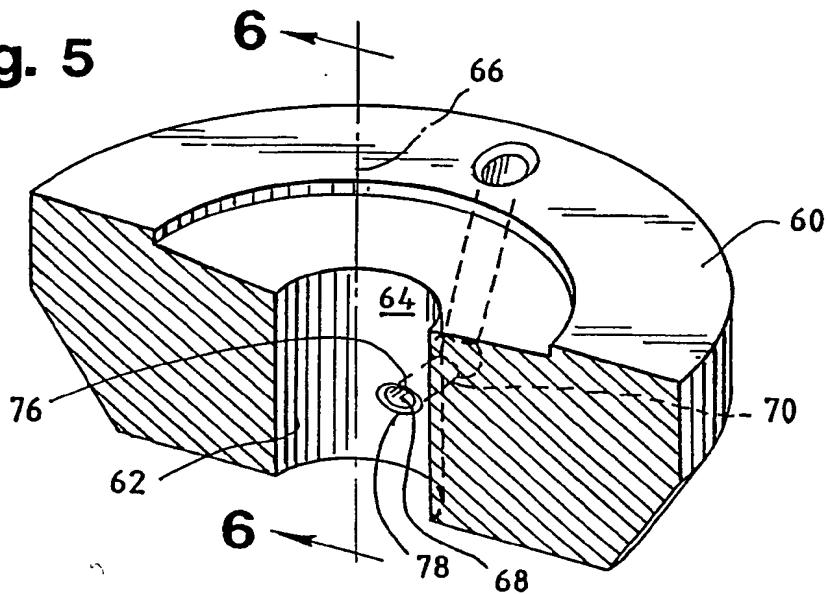
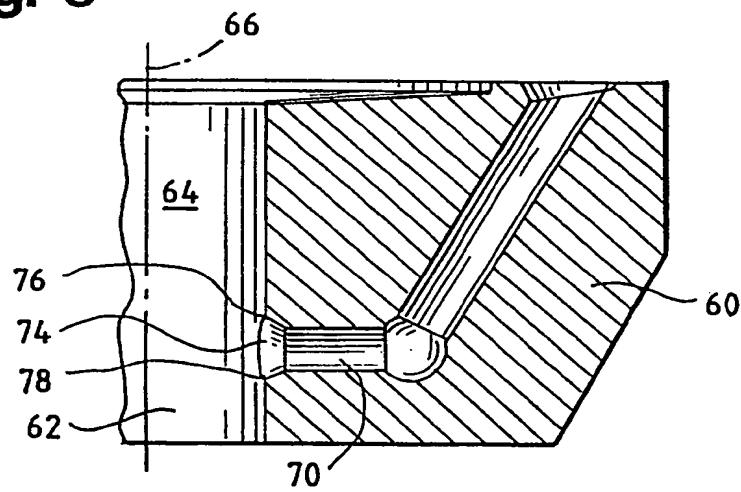


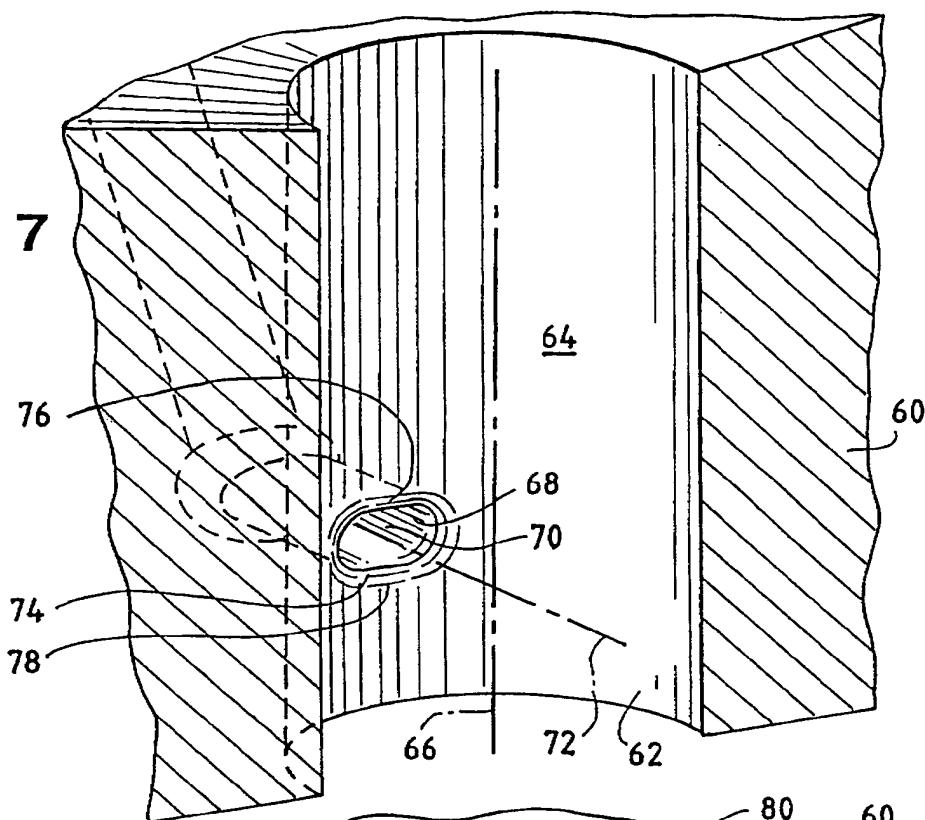
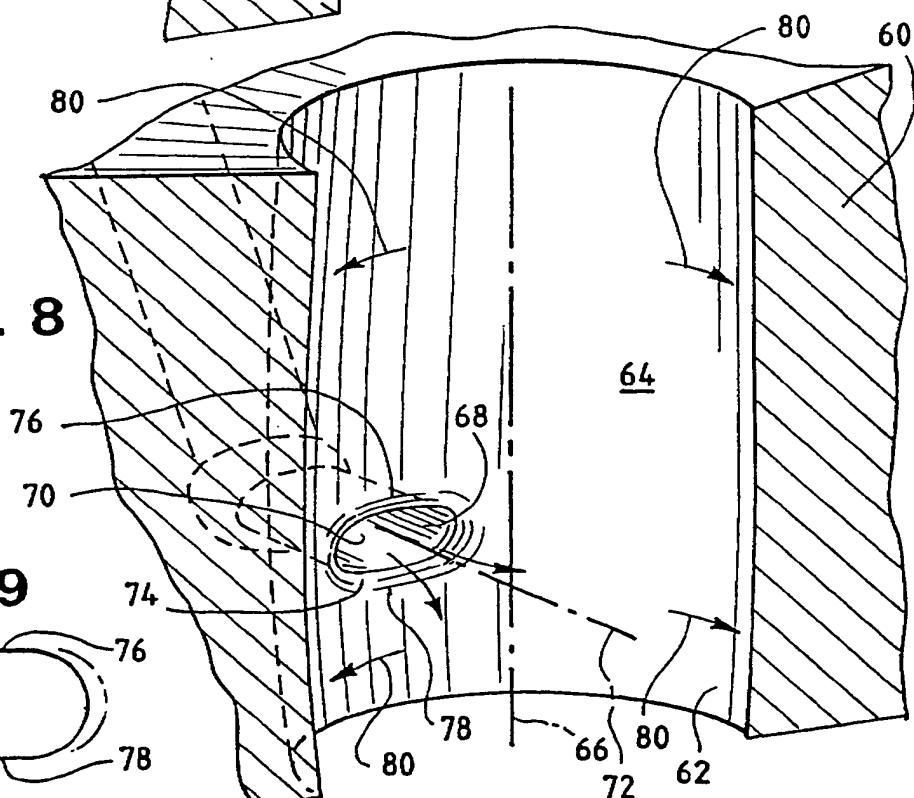
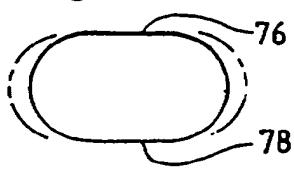
**Fig. 3**  
STAND DER TECHNIK



**Fig. 4**  
STAND DER TECHNIK



**Fig. 5****Fig. 6**

**Fig. 7****Fig. 8****Fig. 9**

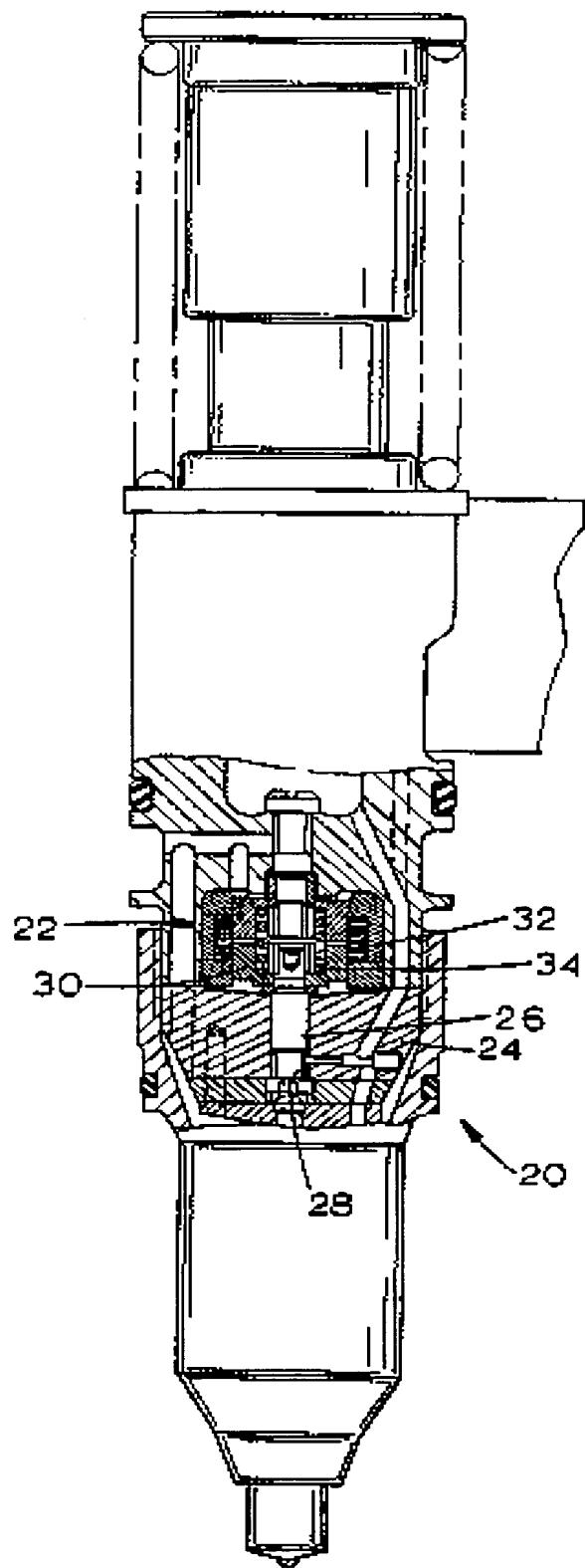
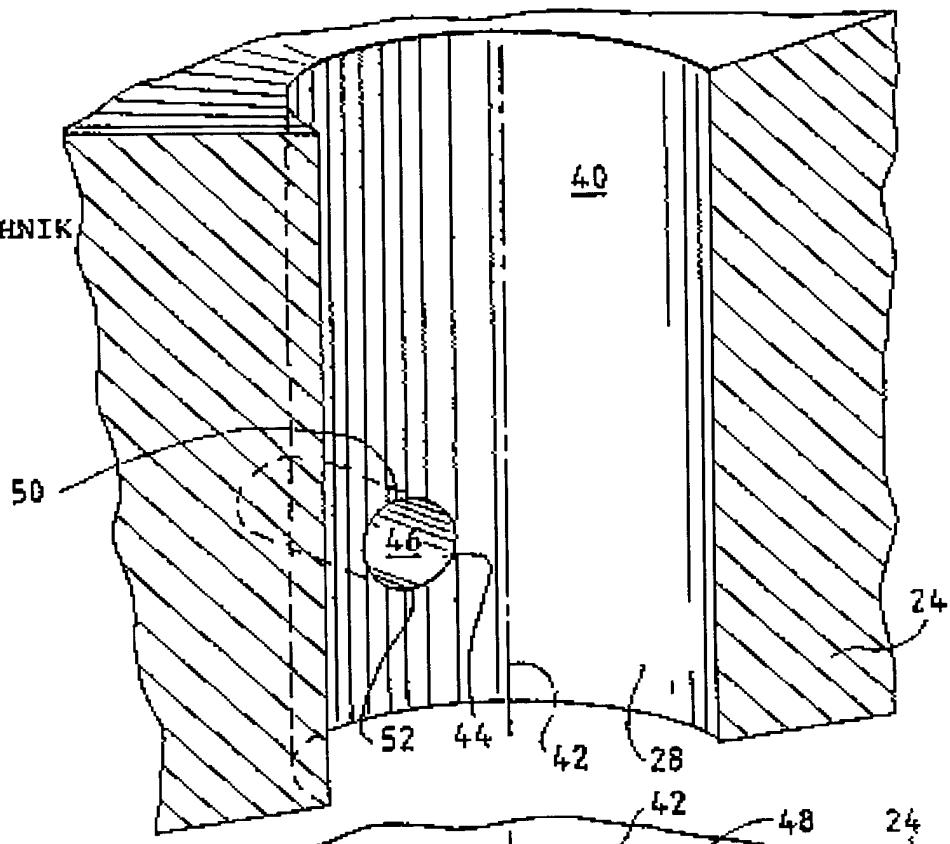


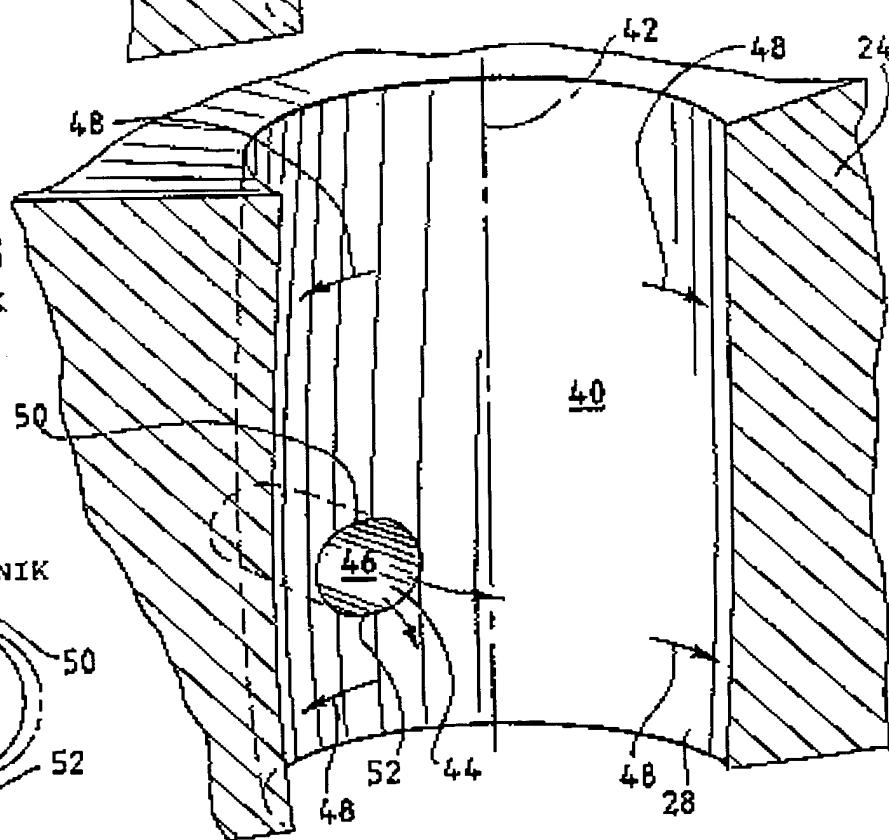
Fig. 1

508 02B/388

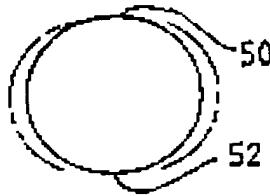
**Fig. 2**  
STAND DER TECHNIK

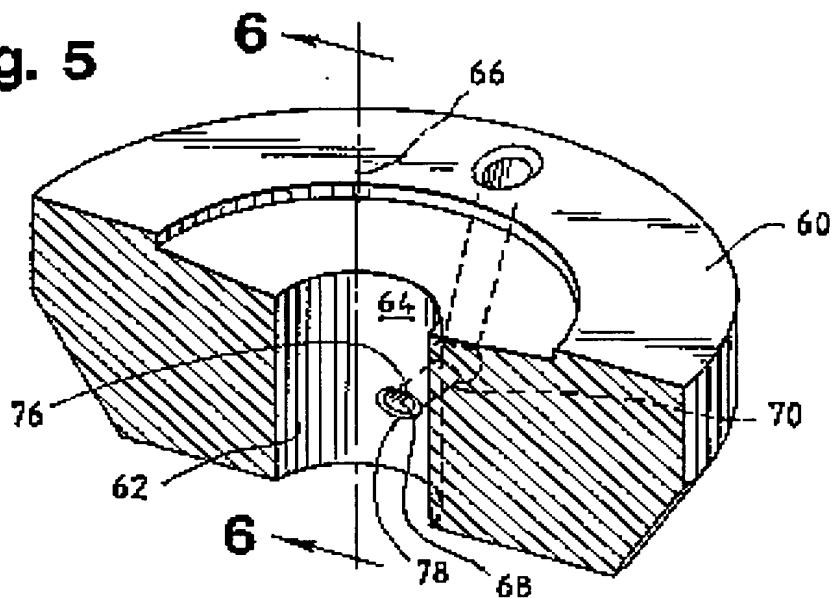
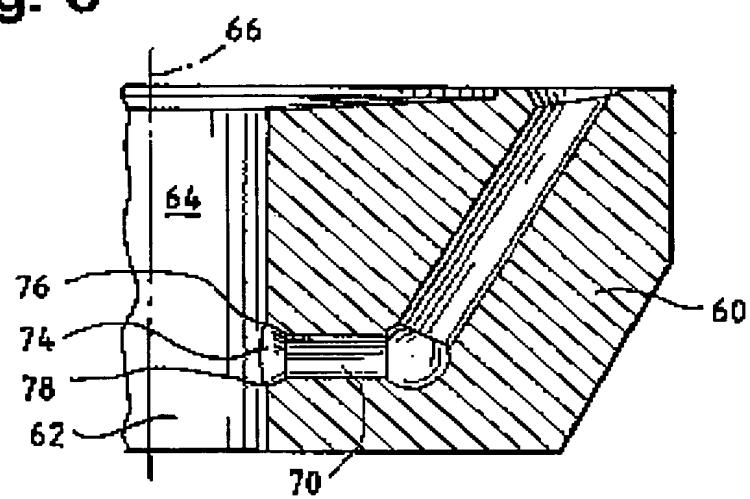


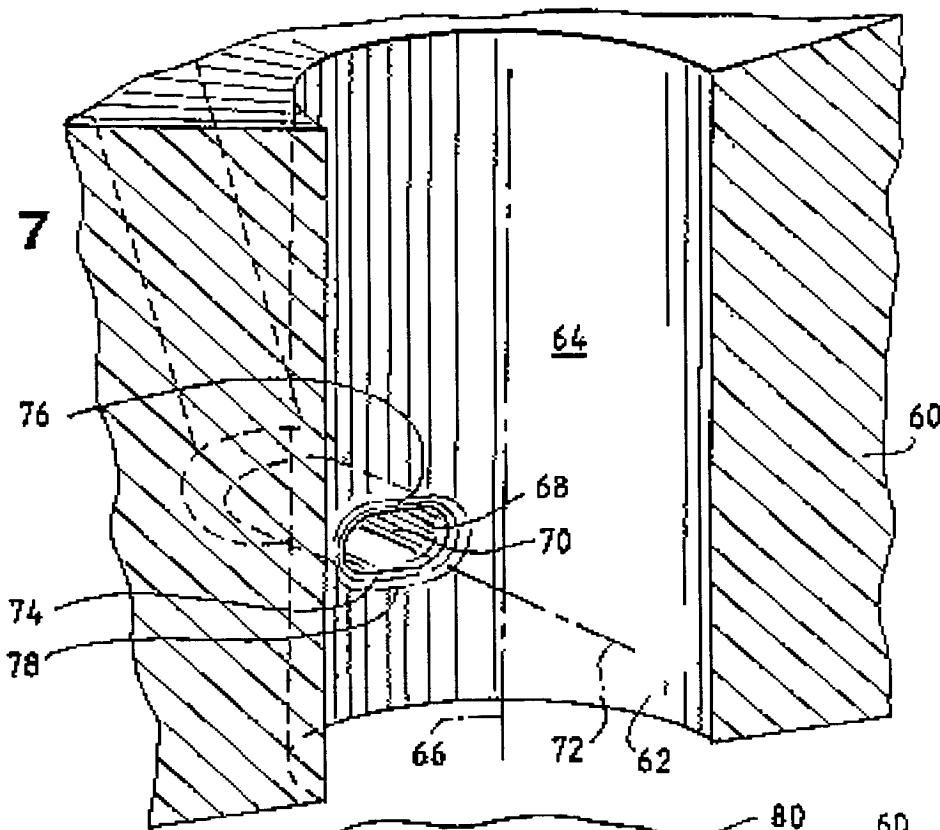
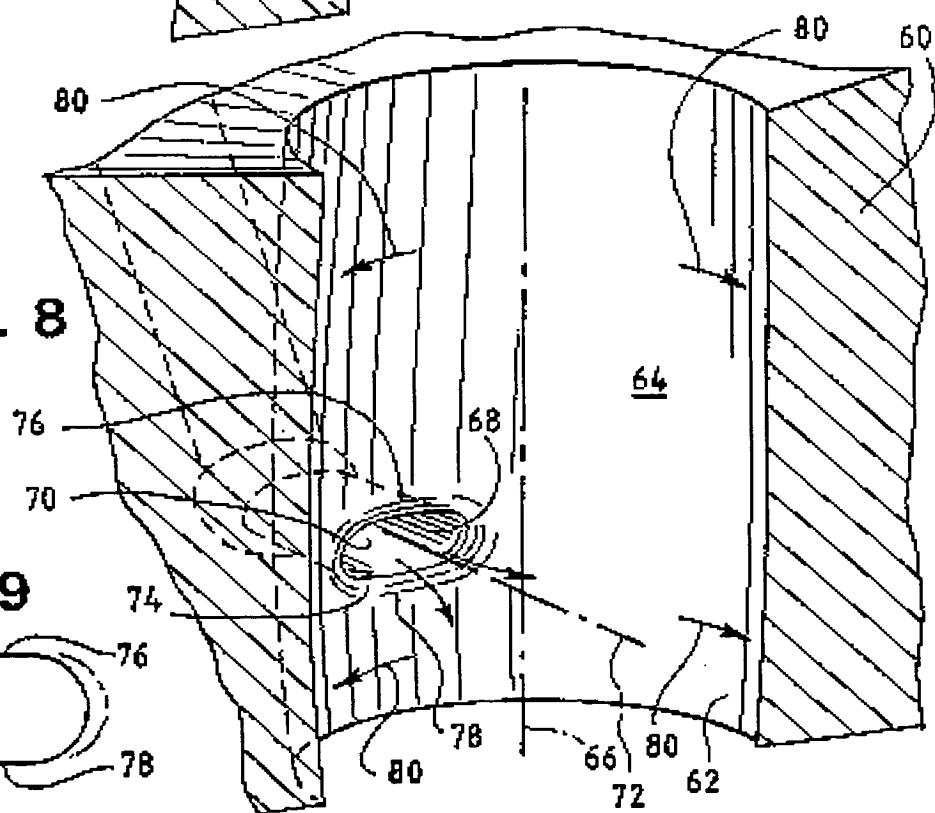
**Fig. 3**  
STAND DER TECHNIK



**Fig. 4**  
STAND DER TECHNIK



**Fig. 5****Fig. 6**

**Fig. 7****Fig. 8****Fig. 9**